临武鸭对添加复合酶棕榈粕和椰子粕的养分、氨基酸和能量的利用率

张　旭[1,2,3]　蒋桂韬[2]　王向荣[2]　李　闯[2]　黄　璇[2]　吴端钦[1]　戴求仲[1,2,3*]

（1.中国农业科学院麻类研究所，长沙　410205；2.湖南省畜牧兽医研究所，长沙　410131；

3.湖南畜禽安全生产协同创新中心，长沙　410128）

摘　要：本试验旨在研究临武鸭对添加复合酶棕榈粕(PKM)和椰子粕（CM）的养分、氨基酸和能量的利用率。试验选用 40 只体重（2.0±0.2） kg 的健康成年临武鸭公鸭，随机分为 5 组，每组 8 个重复，每个重复 1 只试验鸭。试验鸭进行强饲代谢试验，1、2 组试验鸭每只强饲 50 g/d 棕榈粕，3、4 组试验鸭每只强饲 50 g/d 椰子粕，5 组试验鸭强饲 50 g/d 无氮饲粮。在 2、4 组原料均添加 250 mg/kg 复合酶。预试期 7 d，正试期 4 d。结果表明：1）临武鸭对棕榈粕中干物质（DM）、粗蛋白质（CP）、粗脂肪（EE）、粗纤维（CF）和总能（GE）的真利用率分别为 48.81%、54.34%、65.69%、40.36%和 39.37%，表观代谢能（AME）和真代谢能（TME）分别为 6.18 和 7.49 MJ/kg，15 种氨基酸的真利用率在 50.28%~87.97%之间；临武鸭对椰子粕中 DM、CP、EE、CF 和 GE 的真利用率分别为 52.23%、58.49%、70.28%、34.67%和 54.76%，AME 和 TME 分别为 7.47 和 9.64 MJ/kg，15 种氨基酸的真利用率在 58.53%~90.21%之间。2）添加复合酶后棕榈粕和椰子粕的 CP 表观利用率和真利用率均显著提高（P＜0.05)，TME 分别提高了 5.61%和 3.63%（P＞0.05)，15 种氨基酸的真利用率分别提高了 0.27%~7.36%和 0.67%~4.99%，棕榈粕中酪氨酸、脯氨酸及椰子粕中天冬氨酸、异亮氨酸、酪氨酸的真利用率均提高显著（P＜0.05)。由此可见，添加含有蛋白酶、纤维素酶和

收稿日期：2016-02-25

基金项目：国家水禽产业技术体系建设专项资金资助（CARS-43-39）

作者简介：张　旭（1979—），女，黑龙江齐齐哈尔人，副研究员，硕士，主要从事畜禽饲料营养价值评定和营养需要量研究工作。E-mail: zhx.f2002@163.com

*通信作者：戴求仲，研究员，博士生导师，E-mail: daiqiuzhong@163.com

木聚糖酶的复合酶能够提高临武鸭对棕榈粕和椰子粕中养分和能量的利用率。

关键词：棕榈粕；椰子粕；养分利用率；代谢能；复合酶；临武鸭

中图分类号：S834

棕榈粕（palm kernel meal，PKM)，也称棕榈仁粕，是棕榈仁经浸提取油后的副产品；椰子粕（coconut meal，CM）是以干燥的椰子胚乳（即椰肉）为原料，经预榨以及溶剂浸提取油后的副产品。棕榈粕和椰子粕作为价格较低廉的蛋白质饲料原料可以替代豆粕用于配制畜禽饲粮。棕榈粕和椰子粕的粗纤维（CF）含量较高，反刍动物能够较好的利用，而单胃动物对其养分和能量的利用率不高，甚至会使家禽出现生长减慢等不良现象。饲用酶制剂的加入可以降解棕榈粕和椰子粕中的抗营养因子，提高畜禽对棕榈粕和椰子粕的利用率。张辉华等[1]在含 30%棕榈粕的饲粮中添加β−甘露聚糖酶显著提高了樱桃谷肉鸭对棕榈粕的粗蛋白质（CP）消化率和代谢能。Abdollahi 等[2]发现，在添加有 8%、16%和 24%棕榈粕的肉鸡饲粮中添加复合酶制剂可以提高淀粉、脂肪和中性洗涤纤维(NDF)的表观消化率，当棕榈粕添加量为 8%时可以提高饲料转化率。王向荣等[3]在含有 5%棕榈粕和 10%椰子粕的饲粮中添加复合非淀粉多糖酶并补充β−甘露聚糖酶，能够提高樱桃谷肉鸭的生长性能。本研究以临武鸭为试验动物，通过代谢试验的方法测定棕榈粕和椰子粕的代谢能及肉鸭对棕榈粕和椰子粕中常规营养成分和氨基酸的利用率，并研究由蛋白酶和非淀粉多糖酶组成的复合酶对棕榈粕和椰子粕养分和能量利用的影响，旨在为棕榈粕和椰子粕在肉鸭饲粮中的使用和配方制定提供参考和依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验原料

棕榈粕和椰子粕产自马来西亚，用固体粉碎机（60~200 目）粉碎，过 40 目筛（450 μm），保存于广口瓶和封口袋中备用。

1.1.2 试验用酶制剂

试验用酶为复合酶制剂，主要成分为蛋白酶（6 000 U/g，采用 SB/T 10317—1999 方法测定）、纤维素酶（1 000 U/g，采用 GB/T 23881—2009 方法测定）和木聚糖酶（12 000 U/g，采用 GB/T 23874—2009 方法测定）。

1.2 试验动物与分组

选用体重（2.0±0.2） kg、采食正常、无怪癖、强饲后无异常反应的健康成年临武鸭公鸭作为试验鸭，在代谢笼内个体饲养，共 40 只，随机分为 5 组，每组 8 个重复，每个重复 1 只试验鸭。试验在湖南省畜牧兽医研究所水禽试验场的家禽代谢实验室进行，自然光照，自由饮水。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 营养成分和总能（GE）的测定

干物质（DM）、CP、粗脂肪(EE)、CF、NDF、酸性洗涤纤维(ADF)、粗灰分(Ash)、钙(Ca)和总磷（TP）的含量采用文献[4]中方法进行测定。采用全自动氧弹式量热仪（湖南开元仪器有限公司）测定 GE，采用德国 Sykam S-433D 型氨基酸分析仪测定样品中 15 种氨基酸的含量。

1.3.2 常规营养成分、氨基酸和能量利用率的测定

试验分预试期、正试期（禁食排空、强饲、粪尿排泄物收集）2 个阶段进行。预试期 1 周，饲喂全价料，正试期开始前一顿饲喂试验原料，禁食 48 h，期间自由饮水并通过饮水每只试验鸭每日补充葡萄糖 50 g，禁食结束后进行强饲，以不呕吐为度，通过强饲器对 1、2 组试验鸭每只强饲 50 g/d 棕榈粕，对 3、4 组试验鸭每只强饲 50 g/d 椰子粕，对 5 组（内源组）试验鸭每只强饲 50 g 无氮饲粮(由 45.5%的玉米淀粉、45.5%的蔗糖、5%的纤维素粉、4%的磷酸氢钙、微量元素预混料和维生素预混料组成)。在 2、4 组原料中分别添加 250 mg/kg

复合酶。强饲后立即在代谢笼下方放上集粪盘，及时按个体记录强饲时间，收集排泄物 48 h。根据鲜粪重量和含水量酌情加入 1~10 mL 10% HCl 用于固氮和 3～5 滴甲苯用于防腐，搅拌均匀，立即保存于 4 ℃冰箱。全部收集完成后转入 60～65 ℃烘箱中鼓风干燥至恒重，置室内回潮 24 h 后称重，粉碎过 40 目筛制成风干样品保存于封口袋中备测。粪样的 GE 及 DM、CP、EE、CF、Ash、Ca、TP 和氨基酸含量的测定方法同 1.3.1。养分和能量利用率，以及加酶后的有效营养改进值（ENIV）[5]计算公式如下：

养分表观利用率(%)＝[(养分摄入量－养分排泄量)/养分摄入量]×100；

养分真利用率(%)＝[(养分摄入量－养分排泄量＋内源养分量)/养分摄入量]×100；

表观（真）可利用养分(g/kg)＝养分表观（真）利用率×饲料中该养分含量×1 000；

ENIV(g/kg)＝添加酶原料的真可利用养分－加酶前真可利用养分；

表观代谢能（AME，MJ/kg）=（食入 GE－排泄物 GE）/食入风干物质量；

真代谢能（TME，MJ/kg）=（食入 GE－排泄物 GE+内源能）/食入风干物质量；

能量表观利用率（%）=（AME/原料 GE）×100；

能量真利用率（%）=（TME/原料 GE）×100；

TME 的 ENIV（MJ/kg）=添加酶原料 TME—不添加酶原料 TME。

1.4 数据处理

采用 Excel 2003 软件对数据进行初步处理，采用 SPSS 19.0 统计软件作独立样本 *t* 检验，显著水平为 P<0.05。试验结果以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 棕榈粕和椰子粕的常规营养成分、氨基酸含量和 GE

棕榈粕和椰子粕的常规营养成分和氨基酸含量详见表 1。棕榈粕和椰子粕的 GE 分别为 19.025 和 17.768 MJ/kg。

表 1 棕榈粕和椰子粕的常规营养成分和氨基酸含量

Table 1　Conventional nutrient and amino acid contents of palm kernel meal and copra meal　%

常规营养成分 Conventional nutrient	棕榈粕 PKM	椰子粕 CM	氨基酸 Amino acids	棕榈粕 PKM	椰子粕 CM	氨基酸 Amino acids	棕榈粕 PKM	椰子粕 CM
干物质 DM	95.06	92.18	天冬氨酸 Asp	1.36	1.65	酪氨酸 Tyr	0.37	0.40
粗蛋白质 CP	17.52	22.09	苏氨酸 Thr	0.52	0.58	苯丙氨酸 Phe	0.68	0.91
粗脂肪 EE	9.19	7.46	丝氨酸 Ser	0.73	0.95	组氨酸 His	0.32	0.41
粗纤维 CF	14.82	9.19	谷氨酸 Glu	3.17	3.75	赖氨酸 Lys	0.48	0.56
粗灰分 Ash	4.61	6.50	甘氨酸 Gly	0.75	0.89	精氨酸 Arg	1.96	2.34
中性洗涤纤维 NDF	64.24	50.07	丙氨酸 Ala	0.67	0.86	脯氨酸 Pro	0.50	0.65
酸性洗涤纤维 ADF	38.82	26.93	缬氨酸 Val	0.87	1.03			
钙 Ca	0.18	0.16	异亮氨酸 Ile	0.62	0.65			
总磷 TP	0.74	0.64	亮氨酸 Leu	1.05	1.27			

2.2　复合酶对棕榈粕和椰子粕的常规营养成分和能量的利用率及 AME、TME 的影响

由表 2 可知，添加复合酶后，棕榈粕和椰子粕的 DM、CP、EE 和 CF 的表观利用率和真利用率均有一定程度的提高，AME 和 TME 也有小幅提高。棕榈粕的 CP 表观利用率提高了 12.62%（P＜0.05)，椰子粕的 CP 表观利用率提高了 15.95%（P＜0.05)。添加复合酶后棕榈粕和椰子粕的 TME 得到提高，TME 的 ENIV 分别为 0.42 和 0.35 MJ/kg。

表2　添加复合酶对棕榈粕和椰子粕营养成分利用率和代谢能的影响

Table 2　Nutrient utilization rates and metabolizable energy of palm kernel meal and copra

meal supplemented with compound enzymes

项目 Items		棕榈粕 PKM −	棕榈粕 PKM +	P 值 P-value	有效营养改进值 ENIV/（g/kg,MJ/kg）	椰子粕 CM −	椰子粕 CM +	P 值 P-value	有效营养改进值 ENIV/（g/kg,MJ/kg）
表观利用率 Apparent utilization rate/%	干物质 DM	39.87±2.07	42.80±5.81	0.172		46.54±2.62	48.85±5.67	0.684	
	粗蛋白质 CP	48.35±2.97^{b}	54.45±3.63^{a}	0.041		50.35±2.67^{b}	58.38±6.17^{a}	0.023	
	粗脂肪 EE	62.38±5.03	63.53±3.68	0.421		63.47±2.04	63.94±4.95	0.851	
	粗纤维 CF	32.65±3.40	34.01±4.70	0.572		35.26±3.55	41.35±4.24	0.122	
	总能 GE	32.48±1.42	34.69±3.26	0.152		42.56±2.31	43.40±5.45	0.786	
表观代谢能 AME/(MJ/kg)		6.18±0.27	6.60±0.62	0.152		7.47±0.41	7.82±0.97	0.786	
真利用率 True utilization rate/%	干物质 DM	48.81±2.07	51.30±5.81	0.173	23.67	52.23±2.62	54.85±5.67	0.684	24.15
	粗蛋	54.34±2.97^{b}	60.44±3.63^{a}	0.130	10.69	58.49±2.67^{b}	66.52±6.17^{a}	0.023	17.74

白质 CP								
粗脂肪 EE	65.69±5.03	66.85±3.68	0.421	1.07	70.28±2.04	70.74±4.95	0.851	0.34
粗纤维 CF	40.36±3.40	41.72±4.70	0.572	3.38	34.67±3.55	40.76±7.24	0.122	4.38
总能 GE	39.37±1.42	41.58±3.26	0.152		54.76±2.31	55.61±5.45	0.785	
真代谢能 TME/(MJ/kg)	7.49±0.27	7.91±0.62	0.152	0.42	9.64±0.41	9.99±0.97	0.785	0.35

“－”表示不添加酶，“+”表示添加酶。同行同一指标数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*＜0.05）。下表同。

“－”indicates no enzyme addition, and “+” indicates enzyme addition. In the same row, values in the same index with different small letter superscripts mean significant difference （*P*＜0.05). The same as below.

2.3 棕榈粕和椰子粕的氨基酸表观利用率和真利用率

棕榈粕的氨基酸真利用率为50.28%~87.97%，甘氨酸最低，精氨酸最高；椰子粕的氨基酸真利用率为58.53%~90.21%，甘氨酸最低，精氨酸最高。添加复合酶后，棕榈粕的氨基酸真利用率提高了0.27%~7.36%，精氨酸提高幅度最小，酪氨酸提高幅度最大，酪氨酸和脯氨酸的真利用率显著提高（*P*＜0.05)；椰子粕的氨基酸真利用率提高了0.67%~4.99%，精氨酸提高幅度最小，赖氨酸提高幅度最大，天冬氨酸、异亮氨酸和酪氨酸的真利用率显著提高（*P*＜0.05)。

表 3　添加复合酶制剂对棕榈粕和椰子粕氨基酸利用率的影响

Table 3　Effects of compound enzymes addition on amino acids utilization rates of palm kernel meal and copra meal　%

项目 Items	氨基酸表观利用率 AA apparent utilization rates						氨基酸真利用率 AA true utilization rates					
	棕榈粕 PKM			椰子粕 CM			棕榈粕 PKM			椰子粕 CM		
	-	+	*P* 值 *P*-value	-	+	*P* 值 *P*-value	-	+	*P* 值 *P*-value	-	+	*P* 值 *P*-value
天冬氨酸 Asp	59.90±4.87	61.95±3.99	0.459	64.50±1.74[b]	66.64±1.49[a]	0.022	65.55±4.87	67.60±3.99	0.459	70.06±1.74[b]	72.20±1.49[a]	0.022
苏氨酸 Thr	57.92±6.62	59.32±3.61	0.681	53.45±3.92	55.55±2.08	0.585	67.10±6.62	68.49±3.61	0.681	62.45±3.92	63.84±2.08	0.585
丝氨酸 Ser	66.59±4.53	67.08±2.84	0.835	63.53±3.75	65.96±1.25	0.689	73.39±4.53	73.88±2.84	0.835	73.94±3.75	76.10±1.25	0.689
谷氨酸 Glu	69.27±3.41	69.76±3.85	0.820	71.84±4.51	72.72±5.04	0.751	72.58±3.41	73.07±3.85	0.820	78.32±4.51	79.02±5.04	0.751
甘氨酸 Gly	40.52±3.15	41.84±3.24	0.568	52.54±3.58	53.77±3.12	0.457	50.28±3.15	51.58±3.24	0.568	58.53±3.58	59.76±3.12	0.457
丙氨酸 Ala	58.17±4.11	59.77±5.68	0.514	61.31±2.97	63.75±3.69	0.555	66.83±4.11	68.17±5.68	0.514	70.56±2.97	73.00±3.69	0.555
缬氨酸 Val	68.84±5.01	69.17±3.24	0.902	69.36±3.40	70.50±3.81	0.694	74.30±5.01	74.62±3.24	0.902	75.84±3.40	76.98±3.81	0.694

异亮氨酸 Ile	71.29±5.72	73.09±3.25	0.544	71.01±1.92[b]	72.62±2.63[a]	0.049	76.34±5.72	78.14±3.25	0.544	80.16±1.92[b]	81.77±2.63[a]	0.049
亮氨酸 Leu	69.67±5.52	70.18±3.05	0.856	71.68±5.67	72.68±4.20	0.626	74.78±5.52	75.28±3.05	0.856	80.60±5.67	81.60±4.20	0.626
酪氨酸 Tyr	64.70±3.95[b]	69.97±0.60[a]	0.018	68.64±1.58[b]	70.46±1.18[a]	0.014	72.68±3.95[b]	78.03±0.60[a]	0.018	75.01±1.58[b]	77.30±1.18[a]	0.014
苯丙氨酸 Phe	75.26±4.59	76.32±2.82	0.658	77.35±4.99	78.37±3.68	0.732	79.82±4.59	80.88±2.82	0.658	82.29±4.99	83.31±3.68	0.732
组氨酸 His	37.67±3.93	39.94±3.53	0.426	63.19±3.57	64.70±5.18	0.592	53.90±3.93	56.21±3.53	0.426	70.21±3.57	71.72±5.18	0.592
赖氨酸 Lys	45.75±5.47	47.36±3.29	0.587	59.19±4.42	62.60±4.36	0.313	55.43±5.47	57.03±3.29	0.587	68.33±4.42	71.74±4.36	0.313
精氨酸 Arg	86.30±2.17	86.53±1.36	0.834	87.03±2.05	87.96±2.10	0.498	87.97±2.17	88.21±1.36	0.834	90.21±2.05	90.81±2.10	0.498
脯氨酸 Pro	62.75±2.68[b]	67.09±2.04[a]	0.042	59.32±3.38	60.21±3.20	0.497	71.76±2.68[b]	76.10±2.04[a]	0.042	67.72±3.38	68.63±3.20	0.497

3 讨　论

3.1 棕榈粕和椰子粕的饲用价值

棕榈粕和椰子粕中含有丰富的蛋白质，可用于配制肉牛、奶牛、绵羊、山羊、生长猪、家禽和淡水鱼的饲粮。椰子粕对反刍动物的适口性较好，在单胃动物饲粮中也可以使用。但由于椰子粕中 CF 含量较高，不易消化，且水合能力强，易导致单胃动物采食量降低，不适于配制雏鸡和仔猪饲粮。棕榈粕中非淀粉多糖占总碳水化合物的 80%以上[6]，含有大量的β-甘露聚糖和木质素，因此代谢能较低。有研究者对生长期肉鸡进行试验发现，棕榈粕的氨基酸平均有效值略低于豆粕、棉籽粕和菜籽粕，分别为 84.5%、97.3%、92.5%和 91.9%，棕榈粕中甘氨酸和精氨酸的有效值较低，赖氨酸有效值高于棉籽粕，蛋氨酸有效值高于菜籽粕[7]。史东辉等[8]在肥育猪饲粮中添加棕榈粕发现，用棕榈粕替代玉米的量在 20%以下时，对肥育猪生长性能无显著影响，添加量在 15%以下时，对肥育猪胴体品质无显著影响。还有研究者用椰子粕和椰子油配制蛋鸡饲粮，发现当椰子粕添加量为 20%，椰子油添加量为 0 时的蛋鸡产蛋率最高[9]。王文策等[10]在四川白鹅的饲粮中添加不同水平的椰子粕发现，当椰子粕添加量超过 20%时，会显著增加鹅的料重比，降低鹅的屠宰率，对生长性能产生不利影响。覃秀华等[11]测定樱桃谷鸭对椰子粕中氨基酸的真可消化率为 65.68%~89.68%，与本试验结果较接近。椰子粕的氨基酸消化率高于棕榈粕，低于豆粕。使用棕榈粕和椰子粕作为蛋白质饲料原料替代豆粕，可以降低饲料成本，具有一定可行性。

3.2 复合酶对棕榈粕和椰子粕养分利用和鸭代谢能的影响

棕榈粕中的非淀粉多糖主要是β–甘露聚糖，以及木质素、纤维素等，椰子粕中含有大量的β–甘露聚糖和纤维素，及少量的木聚糖、葡聚糖和半乳糖，有研究者采用发酵处理的方法来提高蛋鸡对棕榈仁粕和椰子粕的利用率[12]，也有研究者采用添加酶制剂的方法来降低棕榈粕和椰子粕中抗营养因子的不良影响。Sinurat 等[13]在用棕榈粕替代豆粕饲喂蛋鸡的试验中发现，添加含有 β-甘露聚糖酶、纤维素酶、β-甘露糖苷酶、α-半乳糖苷酶的复合酶能

够提高发酵棕榈粕的回肠氨基酸消化率和 AME，用发酵棕榈粕替代 25%~50%的豆粕，并添加复合酶不会对蛋鸡的生长性能产生不良影响，而添加含有木聚糖酶、葡聚糖酶、纤维素酶、果胶酶、蛋白酶、淀粉酶、植酸酶和脂肪酶的复合酶制剂同样可以提高棕榈粕的回肠氨基酸消化率，但并没有使 AME 提高，此差异提示棕榈粕中添加甘露聚糖酶对代谢能的提高有重要作用，这与棕榈粕中甘露聚糖含量较高相一致。一些研究者在肉鸭试验中也得到了相似的结论，张辉华等[1]在含棕榈粕的饲粮中添加β-甘露聚糖酶能够显著提高樱桃谷鸭对棕榈粕的 CP 消化率和代谢能；王向荣等[3]在含有棕榈粕和椰子粕的饲粮中添加复合非淀粉多糖酶并补充β-甘露聚糖酶，能够提高樱桃谷肉鸭的生长性能；苏满春等[14]在 15~45 日龄半番鸭饲粮中添加 15%的棕榈粕，会对肉鸭生长产生不良影响，在添加甘露聚糖酶后，肉鸭的生长性能有所改善；邬爱姬等[15]在添加 20%棕榈粕的肉鸡饲粮中添加 2 g/kg 的甘露聚糖酶、半乳糖苷酶和蛋白酶，可以弥补棕榈粕对肉鸡生长性能的不利影响。Diarra[16]在含有 15%椰子粕的生长蛋鸡饲粮中补充酶制剂（含木聚糖酶、β-葡聚糖酶、纤维素酶、果胶酶、淀粉酶、蛋白酶、植酸酶），能够使蛋鸡保持正常的生长性能，使以椰子粕为蛋白质原料的饲粮成本得以降低。也有研究者得到不同的结论，Kwon 等[17]在分别含有棕榈粕和椰子粕的猪饲粮中添加 0.3%、2 400 U/kg 的β-甘露聚糖酶，发现对猪的能量利用率没有显著影响。此不同结果可能与其棕榈粕和椰子粕较高的添加量（30%）有关，过高的纤维含量会降低饲粮中蛋白质和脂肪的消化率[18]，可能会因此抵消酶制剂改善纤维利用率后的那部分能量增值。本研究将纤维素酶、木聚糖酶与蛋白酶共同添加于棕榈粕和椰子粕原料中，对 CP 和几种氨基酸的利用率有显著提高作用，对其他营养成分的利用率也有一定改善作用，且对椰子粕的 CP 和 CF 的 ENIV 略高于棕榈粕。在将棕榈粕和椰子粕用于配制动物饲粮时，添加酶制剂有助于动物对饲料的消化利用，节约饲料成本。使用棕榈粕配制饲粮，需补充β-甘露聚糖酶和纤维素酶，来降解棕榈粕中的甘露聚糖等抗营养因子，使用椰子粕配制饲粮，宜添加β-甘露聚糖酶、纤维素酶、木聚糖酶，也可适量添加葡聚糖酶和半乳糖酶，为了更好的利用

原料中的氨基酸，还可添加蛋白酶。

4 结　论

添加含有蛋白酶和非淀粉多糖酶的复合酶能够提高临武鸭对棕榈粕和椰子粕中营养成分和能量的利用率。

参考文献：

[1] 张辉华,张智飞,王猛,等.β-甘露聚糖酶对肉鸭棕榈粕消化率的影响[J].饲料研究,2011(9):1–2,9.

[2] ABDOLLAHI M R,HOSKING B J,NING D,et al.Influence of palm kernel meal inclusion and exogenous enzyme supplementation on growth performance,energy utilization,and nutrient digestibility in young broilers[J].Asian-Australasian Journal Animal Sciences,2016,29(4):539–548.

[3] 王向荣,蒋桂韬,张旭,等.高棕榈粕-椰子粕日粮中添加复合酶并补充 β-甘露聚糖酶对肉鸭生长性能的影响[J].饲料工业,2011(增刊):59–61.

[4] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007.

[5] 冯定远,沈水宝.饲料酶制剂理论与实践的新理念-加酶日粮 ENIV 系统的建立和应用[J].饲料工业,2005,26(18):1–7.

[6] KNUDSEN K E B.Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding[J].Animal Feed Science and Technology,1997,67(4):319–338.

[7] NWOKOLO E N,BRAGG D B,KITTS W D.The availability of amino acids from palm kernel,soybean,cottonseed and rapeseed meal for the growing chick[J].Poultry Science,1976,55(6):2300–2304.

[8] 史东辉,严翔,王佳丽.棕榈仁粕对肥育猪胴体品质及肉质的影响研究[J].猪业科学,2012(4):80–83.

[9] WIGNJOSOESASTRO N,BROOKS C C,HERRICK R B.The effect of coconut meal and coconut oil in poultry rations on the performance of laying hens[J].Poultry Science,1972,51(4):1126–1132.

[10] 王文策,周俊杰,叶慧,等.不同水平椰子粕对四川白鹅生长性能及肠道发育的影响[C]//中国工程科技论坛-动物营养与养殖环境控制论坛.长沙:中国工程院,2015:266–267.

[11] 覃秀华,罗丽萍,张家富,等.樱桃谷鸭对几种饲料原料氨基酸消化率评定研究[J].广西畜牧兽医,2013,29(2):70–73.

[12] 陈倩婷.发酵棕榈仁粕和椰子粕在蛋鸡日粮中的应用[J].饲料研究,2010(10):4–6,11.

[13] SINURAT A P,PURWADARIA T,KETAREN P P,et al.Substitutions of soybean meal with enriched palm kernel meal in laying hens diet[J].Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner,2014,19(3):184–192.

[14] 苏满春,孙得发.棕榈粕型日粮添加甘露聚糖酶对半番鸭生长性能的影响研究[J].饲料工业,2014,35(20):11–15.

[15] 邬爱姬,罗永发.棕榈仁粕和酶对肉鸡生长性能和代谢能的影响[J].饲料研究,2011(12):3–5.

[16] DIARRA S S.Utilisation of cassava products-copra meal based diets supplemented with or without Allzyme SSF by growing pullets[J].Malaysian Journal of Animal Science,2015,18(1):67–76.

[17] KWON W B,KIM B G.Effects of supplemental beta-mannanase on digestible energy and metabolizable energy contents of copra expellers and palm kernel expellers fed to pigs[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2015,28(7):1014–1019.

[18] LE GOFF ,NOBLET J.Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows[J].Journal of Animal Science,2001,79(9):2418–2427.

Effects of Palm Kernel Meal and Copra Meal Supplemented with Compound Enzymes on Nutrient, Amino Acid and Energy Utilization Rates of *Linwu* Ducks

ZHANG Xu[1,2,3] JIANG Guitao[2] WANG Xiangrong[2] LI Chuang[2] HUANG Xuan[2] WU Duanqin[1] DAI Qiuzhong[1,2,3]*

（1.*Institute of Bast Fiber Crops, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changsha* 410205, *China*; 2. *Hunan Institute of Animal Science and Veterinary Medicine*, *Changsha* 410131, *China;* *3. Hunan Collaborative Innovation Center of Animal Production Safety, Changsha* 410128, *China*）

Abstract：The aim of this study was to determine the effects of palm kernel meal （PKM） and copra meal (CM) supplemented with compound enzymes on nutrient, amino acid and energy utilization rates of *Linwu* ducks. Forty healthy adult *Linwu* ducks with body weight of（2.0±0.2）kg were randomly divided into 5 groups with 8 replicates in each group and 1 duck in each replicate. The metabolizable experiment was carried out by hunger strike-gavage method. Ducks in groups 1 and 2 were fed 50 g/d PKM and ducks in groups 3 and 4 were fed 50 g/d CM by gavage, and ducks in group 5 were fed 50 g/d diet with no nitrogen by gavage. Diets of groups 2 and 4 were added with 250 mg/kg compound enzymes. The experiment included a 7 days pre-experimental period and a 4 days experimental period. The results showed as follows: 1) the true utilization rates of dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), crude fiber (CF) and gross energy (GE) of PKM were 48.81%, 54.34%, 65.69%, 40.36% and 39.37%, respectively.

*Corresponding author, professor, E-mail: daiqiuzhong@163.com (责任编辑　武海龙)

The apparent metabolizable energy (AME) and true metabolizable energy (TME) were 6.18 and 7.49 MJ/kg, respectively. The true utilization rates of 15 kinds of amino acids were 50.28% to 87.97%. The true utilization rates of DM, CP, EE, CF and GE of CM were 52.23%, 58.49%, 70.28%, 34.67% and 54.76%, respectively. The AME and TME were 7.47 and 9.64 MJ/kg, respectively. The true utilization rates of 15 kinds of amino acids were 58.53% to 90.21%. 2) Adding with compound enzymes, the apparent utilization rate and true utilization rate of CP in PKM and CM were significantly increased （P＜0.05); the TME increased by 5.61% and 3.63% （P＞0.05), respectively; the true utilization rates of 15 kinds of amino acids increased by 0.27% to 7.36% and 0.67% to 4.99%, respectively; the true utilization rates of tyrosine and proline in PKM, and the true utilization rates of aspartate, isoleucine and tyrosine in CM were significantly increased （P＜0.05). The results indicate that PKM and CM supplemented with compound enzymes containing protease, cellulase and xylanase can improve utilization rates of nutrient and energy of *Linwu* ducks.

Key words: palm kernel meal; copra meal; nutrient utilization rate; metabolizable energy; compound enzymes; *Linwu* ducks